



**UniCEUB – Centro Universitário de Brasília**

**Faculdade de Ciências da Saúde**

# **Energia que vem do lixo**

Georgina Teixeira dos Santos

**Brasília – 2002**



**UniCEUB – Centro Universitário de Brasília**

**Faculdade de Ciências da Saúde**

## **Energia que vem do lixo**

Georgina Teixeira dos Santos

Monografia apresentada à  
Faculdade de Ciências da Saúde do  
Centro Universitário de Brasília  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Licenciado  
em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof<sup>ª</sup> Marcelo Ximenes A. Bizerril

Brasília - 2002

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Edna e Mário, grandes sábios, os quais foram companheiros e amigos ao longo dessa trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, força presente em todos os momentos da minha vida. Aos meus pais, Edna e Mário, que sempre foram fortes, persistentes e me transmitiram muita energia fazendo com que eu pudesse perceber a beleza da Biologia.

Às minhas irmãs Neide, Iara, Edinha, Bárbara, Edmar e tia Sueli, as quais foram companhias indispensáveis para reforçar o poder da conquista de idéias. Os cunhados, José Luiz e Willian, pelo apoio na realização dos trabalhos.

Não posso deixar de ressaltar o carinho e companheirismo dos amigos: Roselene e Tadeu, Fabiana, Solange, Júnior, Priscila, Vanessa, Joelma, Carolina e Bruno.

Aos mestres:

Cláudio e Sinvaldo que foram dedicados e amigos mostrando a complexidade e incentivaram o desenvolvimento acadêmico.

Ao professor Valdir que se demonstrou disponível para dar orientações precisas.

Ao meu orientador Marcelo, que incentivou constantemente a pesquisa proporcionando assim o conhecimento.

Aos meus alunos que sempre foram curiosos me estimulando a conhecer cada vez mais.

À ciência, porque proporciona o conhecimento da vida.

## **RESUMO**

A revolução industrial, que teve início à cerca de 200 anos atrás, criou a partir daí um novo modo de vida desencadeando o aumento significativo da produção de lixo. Junto ao aumento do consumo, surgiu a necessidade de resolver o problema da destinação final para os resíduos sólidos. É fundamental que, o homem tenha consciência e maior conhecimento, e analise o que inevitavelmente produz todos os dias e a quase todo momento. O lixo poderá vir a ameaçar o espaço pré-estabelecido pelos seres humanos, se não for bem administrado. Porém, tanto resíduos inorgânicos como orgânicos podem ser aproveitados. O lixo inorgânico pode ser reciclado, porém reciclar material também consome água, energia e polui o meio ambiente. É mais ecológico evitar a geração de lixo do que reaproveitá-lo. O lixo orgânico produz o biogás, mistura gasosa combustível produzida através da biodegradação da matéria orgânica pela ação de bactérias na ausência de oxigênio. Esse gás combustível, se for canalizado pode ser fonte alternativa de energia elétrica e térmica. Em Brasília, o gasolixo é produzido no aterro do Joquei Club, porém, não é aproveitado. Recentemente houve uma crise no sistema elétrico, a qual intensificou a necessidade de reeducação de hábitos. A utilização do gás do lixo como fonte de energia, poderia minimizar a emissão de gás poluente na atmosfera, que prejudica a camada de ozônio, economizar recursos esgotáveis, bem como suprir a crise energética brasileira.

**Palavras-chaves:** lixo, combustível, energia elétrica, energia térmica, biogás.

## **Sumário**

1. Introdução	2
2. O lixo	4
2.1. Produção de lixo no Distrito Federal	5
2.2. Os tipos de tratamento dados ao lixo do DF	8
2.3 Aterro	11
3. Biogás	13
3.1. Histórico	13
3.2. Conceito	15
3.3. Produção do biogás através do processo de decomposição anaeróbia	17
3.4. Tipos de digestores	18
3.5. Conversão do Biogás em energia	21
3.6. Produção do Biogás no DF	23
4. Conclusão	26
5. Referências Bibliográficas	28

## **1. Introdução**

O momento é oportuno para uma reflexão sobre o gerenciamento do lixo, pois o futuro é o reflexo do presente. Entretanto é necessário controlar a produção de lixo. Será indispensável cada vez gerar menos rejeitos e dar destinação adequada bem como utilizar o produto resultante para a produção de bens essenciais, poupando recursos naturais esgotáveis.

O grande volume de lixo produzido poderá gerar um problema social irreparável ao meio ambiente. A educação tem um papel fundamental na utilização adequada dos recursos naturais com redução na produção e reutilização do lixo. O conhecimento teórico e prático sobre a coleta seletiva é indispensável, facilitando o trabalho da reciclagem, reutilização e redução. A reciclagem diminui o impacto ambiental uma vez que limita a extração de matéria-prima da natureza, reduz o volume de resíduos sólidos.

Além disso, a reciclagem também gera empregos e renda, melhora a qualidade de vida das pessoas envolvidas nesse processo de transformação. Reciclar, reutilizar e consequentemente reduzir, são os três “erres” que devem estar presente no cotidiano do brasileiro. Todas as alterações ambientais caminham em sentido a percepção racional do homem, ou então seremos prejudicados pelos produtos da globalização capitalista que a cada momento nos levam a consumir sempre mais e mais.

Embora selecionar seja uma das alternativas, o reaproveitamento sem usar matéria-prima original não deve ser visto como a única solução para a questão do lixo. Mas pode fazer parte de um conjunto de medidas, porque nem tudo, por razões técnicas e econômicas, pode ser reciclado,(Blauth,2002). A separação do lixo aumenta as possibilidades de reaproveitamento. Enquanto entre os materiais inorgânicos estão as latinhas de alumínio, as quais são recicladas com quase 100% de reaproveitamento e economia de energia elétrica; entre os materiais orgânicos estão os papéis que podem ser reutilizados, porém não apresentam a mesma qualidade.

O objetivo principal deste trabalho é mostrar que a partir dos resíduos orgânicos resultantes das atividades humanas se obtém gás combustível que pode ser utilizado

para produzir energia elétrica e térmica. Se um país possui grandes reservas de energia, ele terá possibilidades de se desenvolver, exportar parte da energia, e poderá utilizá-la para a instalação de indústrias, iluminação e aquecimento. A energia desempenha um papel de grande relevância social, sendo indispensável que se procure conhecer mais e melhor.

Então as crises no sistema elétrico tem como consequência a necessidade de criar fontes alternativas para suprir a produção de energia elétrica. E não há melhor ponto de partida do que a investigação da natureza de outras formas de produzir energia.



## 2. O Lixo



Figura 1. -Aterro do Jockey Club de Brasília

O lixo, conforme figura 1, é gerado em cada estágio de uso dos materiais desde sua extração e processamento até seu abandono como itens usados. Essas sobras são denominadas refugo, sucata, entulho, restos e esgotos, dependendo do tipo de material que se trata, de onde estão, e do ponto de vista de quem fala. Parte desse lixo pode ser recuperado e reutilizado como recursos secundários. Há materiais que podem substituir recursos primários (virgens), os quais de outra forma teriam de ser extraídos da terra ou obtidos de outras fontes, como florestas a custos mais elevados (The Tomorrow Coalition, 1990).

Na verdade a composição do lixo de uma cidade, ou mesmo de uma habitação, é reflexo dos hábitos de seus moradores. Através do estudo dos sambaquis, os arqueólogos e paleoantropólogos descobriram detalhes do modo como viviam os antepassados indígenas. Da mesma maneira, cientistas de todo o mundo vivem em busca de objetos e detritos acumulados em torno das cidades pré-históricas, que substituem os documentos escritos para conhecer os povos que não escreviam.

Portanto quando a população atual estiver inteiramente extinta e os escombros das cidades forem visitadas por arqueólogos de alguma civilização futura, certamente ficarão espantados com o lixo. Vão supor que se trata de uma civilização que se extinguiu pela falta de inteligência.

Os arqueólogos encontrarão um lixo riquíssimo, não pelas matérias perecíveis que poderiam alimentar outros seres, mas pela quantidade de objetos caros e bem elaborados que são jogados intactos e com pouquíssimo uso, como os descartáveis, por exemplo.

No passado, um objeto era considerado excelente quando funcionava bem e tinha longa durabilidade. Hoje a concepção é outra quanto mais rápido puder ser jogado fora, melhor.

A geração dos descartáveis, onde não se lavam mais copos, toalhas, fraldas, lenços, guardanapos, joga-se fora. Não se dá mais corda no relógio de pulso, não se troca pilha da calculadora: quando param, são atirados ao lixo. Mesmo objetos caríssimos como automóveis e computadores, caracterizam-se pela sua pequena durabilidade. A indústria trabalha para o lixo, uma vez que fabrica produtos cada vez mais arrojados, porém com vida curta. Reduzir a quantidade de geração de lixo é uma necessidade para que o meio ambiente consiga absorver os resíduos gerados.

O homem não pode alienar-se a ponto de não perceber a importância da redução de resíduos sólidos porque fontes de minérios e matérias-primas podem diminuir ou acabar

## **2.1. Produção de lixo no Distrito Federal**

De acordo com os dados da Belacap são coletados, em média, 1.983 toneladas de lixo (resíduos sólidos) por dia, sendo que cada habitante produz diariamente um quilo de lixo por dia, levando em consideração que o Distrito Federal (DF) tem um total de 1.981.933 habitantes (Belacap, 2000).

Analisando a tabela 1 podemos observar que houve uma redução significativa na quantidade de lixo coletada no ano 2000 em relação aos dois anos anteriores. Esse decréscimo torna evidente a precariedade em que se encontra o serviço de limpeza urbana no Distrito Federal, resultando então na terceirização do serviço, hoje prestado pela ENTERPA.

Tabela 1. Média diária de lixo (toneladas) coletada no DF por localidade entre 1998-2000.

Ano	1998	1999	2000
Localidade			
Área Metropolitana (1)	844	830	667
Taguatinga	315	252	603
Ceilândia	335	272	259
Gama (2)	259	332	341
Sobradinho	97	166	125
Planaltina	76	110	93
Brazlândia	57	131	59
Samambaia (3)	102	150	178
Paranoá	45	64	58
Distrito Federal	2130	2307	1983

Fonte: Relatório Anual de 2000 e Relat. Mensais dos Distritos de Limpeza da Belacap.

(1): Plano Piloto, Lago Sul, Lago Norte, São Sebastião, Candangolândia, Cruzeiro, Núcleo Bandeirante, Guará I e II.

(2): Gama, Santa Maria e Recanto das Emas.

(3): Samambaia e Riacho Fundo.

A procedência do lixo coletado no Distrito Federal é domiciliar/comercial, hospitalar ou lixos eventuais depositados fora do trajeto normal de coleta e varrição (remoção). A quantidade de lixo coletada no ano de 2000 foi de 725.419 toneladas (Belacap, 1999), sendo que desse total, de acordo com o tipo de lixo, 538.648 toneladas são de origem domiciliar/comercial, correspondendo em porcentagem a 74,25%; 6,02 toneladas de origem hospitalar (0,83%) e 180,759 toneladas de remoção (24,92%) (Couto, 2001).

É possível notar que o lixo domiciliar é o responsável pela maior parcela do lixo coletado no último ano e que a quantidade de coleta por varrição e entulho não entrou na análise, pois sua remoção não é de responsabilidade da Belacap, a não ser os

entulhos deixados clandestinamente em terrenos públicos, vias de tráfego, passeios e áreas verdes, propiciando a proliferação dos vetores, impedindo o tráfego de veículos, pedestres e deteriorando a paisagem urbana, mesmo assim esses entulhos não servem como referência (Amazonas & Campanário, 1995). Mas, a atuação da fiscalização de limpeza é de importância relevante na prevenção do descarte clandestino, sendo função da mesma orientar a população sobre as áreas autorizadas para o descarte de entulho bem como autuar pessoas pegas em flagrante.

O destino do lixo no Distrito Federal dispõe de complexo para administração, coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos. (Ferreira, 2000). O Distrito Federal possui oficialmente dez Distritos de Limpeza (DL), que são localizados em algumas regiões administrativas, responsáveis por fazerem a coleta, transporte e/ou tratamento do lixo, caso possua usina no distrito e dar destino final para as áreas de sua abrangência. Além disso, há uma Divisão de Operações Especiais (DOPE), localizado no DL Sul; podendo ser acionada por qualquer um dos DL, quando estes se encontrarem com alguma dificuldade. As áreas de abrangências de cada DL são:

- DLSul (Asa Sul, Lago Sul-onde se localiza o Distrito, Guará, Lúcio Costa, Núcleo Bandeirante, Park Way e São Sebastião);
- DLNorte (Asa Norte, Lago Norte-onde se localiza o Distrito, Cruzeiro, Granja do Torto, Octogonal, Setor Militar, Setor de Indústria, Setor Sudoeste e Vila Planalto);
- DLTag (Taguatinga);
- DLCei (Ceilândia);
- DLGama (Gama, Santa Maria e Recanto das Emas);
- DLSob (Sobradinho);
- DLBraz (Brazlândia);
- DLPar (Paranoá);
- DLSam (Samambaia e Riacho Fundo); e
- DLPlan (Planaltina).

## **2.2. Os tipos de tratamentos dados ao lixo do Distrito Federal**

Um dos maiores problemas ambientais dos dias atuais, é o lixo urbano que constitui geralmente uma grande dor de cabeça para os administradores públicos, principalmente nas grandes cidades. Porém, não é problema antigo, e sim recente. Basta lembrar a criação de Brasília. O projeto vencedor do Concurso Nacional para escolha do Plano Piloto da futura Capital do Brasil, não fazia menção à questão da coleta e disposição do lixo da cidade. De alguma forma devemos a Lúcio Costa e a Oscar Niemeyer, o privilégio de morarmos em uma cidade considerada Patrimônio Cultural da Humanidade, dada a riqueza de sua concepção urbanística e de sua arquitetura.

Uma falha do projeto, ou uma omissão? Na verdade mesmo diante de omissões e falhas há necessidade de tratar o lixo que surgiu devido à escassez de área para a destinação final. Com isso veio também à valorização dos componentes do lixo como forma de resguardar os recursos naturais não-renováveis.

O Distrito Federal possui três usinas de tratamento de lixo, descritas a seguir:

- SOUTL – Serviço Operacional de Unidade de Tratamento de Lixo, situada no DLSul (Distrito de Limpeza do Lago Sul). Funciona conjugada com a UCCS – Unidade Central de Coleta Seletiva, processam lixo orgânico compostagem e seco (catação), respectivamente;

- SOUCTL – Serviço Operacional da Unidade Centralizada de Tratamento de Lixo, situado no DLCEi (P. Sul), processa lixo orgânico e seco, na mesma área funciona o SOUILE – Serviço Operacional da Usina de Incineração de Lixo Especial;

- UDBRAZ – Usina de Compostagem de Brazlândia, possui um pátio de separação, onde é feita uma pré-catação (triagem). Sua compostagem é feita de maneira rudimentar (manual).

O método ao qual o lixo urbano será submetido para o tratamento depende da política desenvolvida pelas autoridades sanitárias da região e também da composição do lixo. Os tipos de tratamentos aos quais os lixos do Distrito Federais são

submetidos são os seguintes: compostagem, incineração, “coleta seletiva”, (triagem manual nas usinas), e aterramento. (Ferreira, 2000).

**Compostagem** é o processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, resultante da degradação biológica da matéria orgânica em presença do oxigênio do ar. O produto final desse processo (húmus/adubo) pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. (Amazonas & Campanário, 1995). O lixo quando chega na usina passa inicialmente por um processo de triagem onde são retirados manualmente plásticos, vidros, papel, papelão, latas, metais ferrosos, e são enviados pelas esteiras para a seção de compostagem. Deve-se evitar três tipos de materiais nesse processo: os vidros, pilhas e filme plástico. A compostagem favorece e estimula a coleta seletiva e é importante porque favorece e estimula a coleta seletiva e é importante porque 50% do lixo urbano é constituído por materiais orgânicos.

A finalidade primordial da compostagem é converter a parte biodegradável do lixo urbano em composto orgânico, destinado à agricultura. No Distrito Federal há três usinas, citadas anteriormente, que processam compostos orgânicos.

**Incineração** processo que consiste na queima de materiais em alta temperatura, em mistura com uma quantidade apropriada de ar e durante um tempo pré-determinado. No caso do lixo, o objetivo desse processo é transformá-lo em material inerte, e os compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente dióxido de carbono gasoso e vapor d’água e a sólidos inorgânicos (cinzas). Por último são levados para uma área específica dentro do aterro localizado no Jockey Club de Brasília e cobertos, logo em seguida, por materiais inertes. Essa área é restrita e não permite a entrada dos catadores. A incineração destrói bactérias, vírus e compostos orgânicos, como o tetracloreto de carbono e óleo asfáltico e dioxinas que, juntamente com os furanos, constituem uma classe de substâncias organocloradas em que alguns compostos são extremamente tóxicos (Amazonas & Campanário, 1995).

As vantagens desse processo, segundo Scarlato(1993), é a redução do volume do lixo além de ser uma forma higiênica quanto à proliferação de organismos patogênicos e pode-se obter energia com a queima dos materiais orgânicos. Por outro lado podem se tornar fonte de poluição atmosférica.

O processo de incineração no Distrito Federal é realizado somente no SOUIL – Serviço Operacional da Usina de Incineração, que funciona na área da SOUCTL, localizada no P.Sul. O lixo hospitalar de todas as regiões do Distrito Federal é levado para essa usina, juntamente com documentos especiais, bebidas irregulares, drogas apreendidas e animais mortos.

**Coleta Seletiva e Reciclagem** é um sistema de separação do lixo orgânico do lixo inorgânico, ainda nas instituições geradoras: residências, indústrias, hospitais e comércios. São armazenados em contêineres com padrão internacional de cores: - azul (papel), amarelo (metal), verde (vidro), vermelho (plástico) - e então coletados porta a porta ou direcionados para os PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) instalados.

O próximo passo após a coleta seletiva é o centro de triagem onde os recicláveis são classificados e posteriormente vendidos a indústrias de reciclagem, onde é feito o processamento dos materiais transformando-os em novos produtos que podem ou não ser semelhantes ao original. De todas as formas terminais para dar fim ao lixo, a reciclagem é a mais adequada, por ser ecológica e reutilizar economizando recursos naturais não renováveis.



Figura 2 – separação do lixo

Em Brasília esse programa só funcionou até aproximadamente junho/2000 executado pelo SLU (Serviço de Limpeza Urbana). Nesse período a média de lixo coletado através da coleta seletiva era de 6.519 toneladas/mês e a coleta seletiva era realizada nas quadras residenciais e comerciais da Asa Sul e Asa Norte do Plano Piloto, e em algumas quadras de Brazlândia. Após essa data até os dias atuais, o lixo dessas áreas passou a ser coletado diariamente e misturado, como o de todas as outras regiões administrativas do Distrito Federal. Conforme se observa na figura 2, o lixo é separado no aterro ao invés de se estender as outras regiões do DF, o programa foi extinto. Entretanto, há o objetivo de que a coleta seletiva se torne hábito ao qual, crianças, jovens e adultos estejam engajados na luta. Para que o processo atenda uma demanda e não seja interrompido é preciso compromisso do poder público e da sociedade.

### **2.3. Aterro**

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 1989 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 73% dos rejeitos, nos municípios pesquisados, vai para lixões, 13% para aterros controlados, 10% para aterros sanitários e apenas 1% recebe algum tratamento (compostagem, reciclagem ou incineração) (Nascimento e Zakon, 2000).



O lixão é o depósito de lixo diretamente no solo, a céu aberto, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública. Trata-se de uma opção primitiva e inadequada, pois proporciona a proliferação de doenças através de insetos e ratos, gera mau cheiro e, principalmente, contamina o solo e as águas através do chorume. Um conjunto nefasto que compromete os recursos hídricos (Teves, 2001).

Acrescentando a esta situação o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados dos serviços da saúde e das indústrias. Nos lixões ainda há criação, pastagem de animais e catadores, os quais muitas vezes, residem no próprio local.



Figura 3 - Aterro

O aterro controlado, conforme a figura 3, é uma forma de minimizar os impactos ambientais e ao indivíduo. Esse tipo de aterro usa recursos e técnicas de engenharia civil para confinar os resíduos sólidos a uma área pré-selecionada e cobri-los diariamente com material 'inerte'. Em geral, a base da área ocupada não é impermeabilizada e não há tratamento do chorume (comprometendo os recursos hídricos), nem coleta, purificação e dispersão de gases gerados. No aspecto ambiental, essa opção é vantajosa em relação ao lixão, reduzindo os problemas, mas ainda não é a ideal (Nascimento e Zakon, 2000).

O aterro sanitário, entendido como local de purificação do lixo domiciliar, é composto por setores diversos cada um deles dotado de uma camada inferior impermeabilizada sobre qual se despejam os rejeitos sólidos, contendo drenos para coleta de chorume, águas de superfície e gases da prolongada digestão anaeróbica. O despejo é feito formando ‘células’ do lixo. Sobre a camada de células do fundo são depositadas outras camadas, até a cota máxima definida no projeto, e em alguns casos os gases são coletados para uso como combustíveis. Esse tipo de aterro também pode poluir o solo e as águas, pois não é possível evitar totalmente a liberação de fluidos para o ambiente nem acelerar a inertização do material, para recuperar as áreas de depósito, mas o impacto ambiental é minimizado (Nascimento e Zakon, 2000).

### **3. Biogás**

#### **3.1. Histórico**

O gás dos pântanos foi descoberto por Shirley em 1667. No entanto, foi só um século mais tarde que reconheceram a presença do metano no gás dos pântanos. Já no século XIX, Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume e água, a 35°C, conseguindo obter 100 litros de gás por m<sup>3</sup> de matéria. Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar à Academia da Ciência os trabalhos do seu aluno, considerou que esta fermentação podia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação.

Entretanto, na Índia, a idéia de aproveitar o gás metano produzido por digestão anaeróbia, já não era estranha. Remonta ao século passado, mais propriamente ao ano de 1859, quando numa colônia de leprosos, em Bombaim, se realizou a primeira experiência de utilização direta de biogás. Cerca de 30 anos depois, em 1895, teve lugar a primeira experiência européia, com a utilização do biogás para iluminação de algumas ruas da cidade de Exter, na Inglaterra, a que se seguiram outras experiências, motivadas principalmente pelo entusiasmo inicial que este processo atingiu. Apesar

disso, este combustível não conseguiu ficar como substituto dos tradicionais. Como tal, a exploração do biogás tem sido bastante reduzida, limitando-se a ser utilizado em alguns casos, esporádicos. Foi apenas nos anos 40, devido a carências energéticas significativas, provocadas pela II Guerra Mundial, que o biogás voltou a ser utilizado, quer na cozinha e no aquecimento das casas, quer para alimentação de motores de combustão interna.

Nas décadas de 50 e 60, a relativa abundância das fontes de energia tradicionais desencorajou a recuperação do biogás na maioria dos países desenvolvidos, e apenas em países com poucos recursos de capital e energia, como a Índia e a China, o biogás desempenhou um papel de certa importância, sobretudo em pequenos aglomerados rurais (Pires, 2002).



Figura 4-Aterro Jockey Club de Brasília

Há muitos anos atrás, os habitantes de algumas favelas estabelecidas num bairro novo de São Paulo, construída sobre um antigo depósito de lixo, tiveram uma surpresa que consideraram providencial, embora envolvesse altos riscos: as fendas no solo recém-aterrado emitiam gás combustível. Algumas dessas fontes de gás localizavam-se mesmo, dentro das casas; bastava dispor algumas pedras ou tijolos em torno do buraco para se ter um fogão, permanentemente aceso, sem gasto de

combustível. De acordo com a figura 4 é possível observar a emissão do gás combustível na água.

### **3.2. Conceito**

O biogás é gerado quando as bactérias degradam o material biológico na ausência de oxigênio em processo conhecido como digestão anaeróbia (Roseworthy, 2002).

Até pouco tempo, o biogás era simplesmente encarado como um sub-produto, obtido a partir da decomposição anaeróbia do lixo, resíduos animais e de lamas provenientes de estações de tratamento de efluentes domésticos. Atribui-se o nome biogás à mistura gasosa, combustível resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica. A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. De acordo com a tabela 2, esta mistura é essencialmente constituída por metano ( $\text{CH}_4$ ) e por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), estando o seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa. O poder calorífico do biogás é de aproximadamente 6 Kwh/m<sup>3</sup>, o que corresponde a aproximadamente a meio litro de óleo diesel. Quando se pensa em usá-lo, é o metano (Nete, 2002).

Tabela 2. Composição média da mistura gasosa

Gás	% na composição
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 75%
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	25 a 40%
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1 a 3%
Azoto (N <sub>2</sub> )	0,5 a 25%
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,1 a 1%
Sulfeto de Hidrogênio (H <sub>2</sub> S)	0,1 a 0,5%
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0,1 a 0,5%
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0,1%
Água	Variável

Fonte: pires,2002

Dessa forma, existem duas situações possíveis para o aproveitamento do biogás. O primeiro caso consiste na queima direta (aquecedores, esquentadores, fogões, caldeiras). O segundo caso diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energia elétrica e térmica.

Numa análise global, o biogás é um gás, geralmente inodoro (se não contiver demasiadas impurezas) e insolúvel em água, leve e de fraca densidade. Mais leve do que o ar, contrariamente ao butano e ao propano, ele suscita menores riscos de explosão na medida em que a sua acumulação se o torna mais difícil. A sua fraca densidade implica, em contrapartida, que ele ocupe um volume significativo e que a sua liquefação seja mais difícil, o que lhe confere algumas desvantagens em termos de transporte e utilização.

O biogás, em condições normais de produção por possuir baixo teor de monóxido de carbono (inferior a 0,1%) não é tóxico, contrariamente, por exemplo ao gás da cidade, cujo teor neste gás, próximo do 20%, é mortal. Devido às impurezas que contém, o biometano é muito corrosivo.

O sulfureto de hidrogênio é o gás mais corrosivo desta mistura, além de outros materiais, o cobre, o latão e o aço, desde que a sua concentração seja considerável. Quando o teor deste gás é fraco, é sobretudo o cobre que se torna mais sensível. Para teores elevados, da ordem de 1% (excepcionais nas condições normais de produção do biogás) torna-se tóxico e mortal. A presença do sulfureto de hidrogênio, pode constituir um problema a partir do momento em que haja uma combustão do gás e que sejam inalados os produtos desta combustão, dado que a formação do dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é extremamente nociva, causando perturbações a nível pulmonar.

O amoníaco sempre em altas concentrações, pode ser corrosivo para o cobre, sendo os óxidos de azoto liberados durante a sua combustão, igualmente tóxica.

Os outros gases contidos no biogás, não apresentam toxicidade ou nocividade. A proporção do gás carbônico é de (35%), ocupa um volume dispensável e quando não suprimido, a um aumento das capacidades de armazenamento. O vapor de água pode ser corrosivo para as canalizações, depois de condensado.

### **3.3. Produção do biogás através do processo de decomposição anaeróbia**

A produção de metano ocorre em diferentes ambientes naturais tais como pântanos, solo, sedimentos de rios, lagos e mares, assim como nos órgãos digestivos de animais ruminantes. Estima-se que a digestão anaeróbia com formação de metano seja responsável pela completa mineralização de 5 a 10% de toda matéria orgânica disponível na Terra.

A digestão anaeróbia representa um sistema ecológico delicadamente balanceado, onde cada microrganismo tem sua função essencial. As bactérias metanogênicas desempenham duas funções primordiais: elas produzem um gás insolúvel (metano), possibilitando a remoção do carbono orgânico do ambiente anaeróbio, além de utilizarem hidrogênio, favorecendo o ambiente para que as bactérias acidogênicas fermentem compostos orgânicos com produção de ácido acético, o qual é convertido em metano.

A digestão anaeróbia de compostos orgânicos complexos é normalmente considerada um processo de dois estágios. No primeiro estágio, um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias, denominadas formadoras de ácidos ou fermentativas, converte os orgânicos complexos em outros compostos. Compostos orgânicos complexos como carboidratos, proteínas e lipídios são hidrolizados, fermentados biologicamente convertidos em materiais orgânicos mais simples, principalmente ácidos voláteis.

No segundo estágio ocorre a conversão dos ácidos orgânicos, dióxido de carbono e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o dióxido de carbono. Esta conversão é efetuada por um grupo especial de bactérias, denominadas formadoras de metano, as quais estritamente anaeróbias. As bactérias metanogênicas dependem do substrato fornecido pelas acidogênicas, configurando portanto uma interação comensal. Uma vez que as bactérias metanogênicas são responsáveis pela maior parte da degradação do resíduo, a sua baixa taxa de crescimento e de utilização dos ácidos orgânicos normalmente representa o fator limitante no processo de digestão como um todo (Chernicharo, 1997).

### **3.4. Tipos de digestores**

No tocante à conversão de gás combustível o caminho mais usado ultimamente diz respeito ao uso de biodigestores, conforme figura 5 (Júnior&Santos,2000).



Figura 5-. Biodigestor experimental da Cetesb São Paulo.

Fonte: Fundamentos da Química,1996

Biodigestores são equipamentos onde se realiza controladamente a fermentação anaeróbia de massa orgânica a fim de obter o biogás e ainda além disso produzem um resíduo final que pode ser utilizado como fertilizante agrícola, conforme a figura 6 (Feltre, 1996).

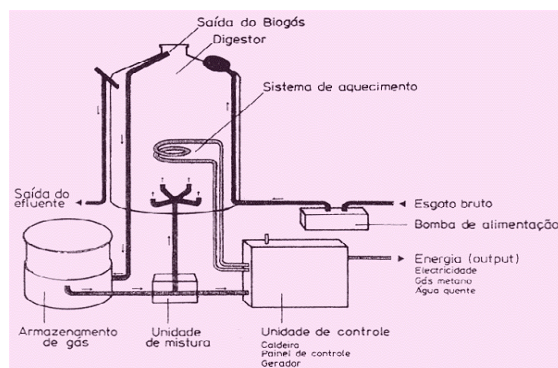


Figura 6. Estrutura interna do biodigestor anaeróbio

Existe uma grande variedade nos sistemas de digestão concebidos, no entanto, distinguem-se dois grandes tipos de digestores: os contínuos e os descontínuos, onde a escolha de um sistema, depende essencialmente das características do substrato, das necessidades de depuração, da disponibilidade de mão-de-obra e de condições de ordem econômica.

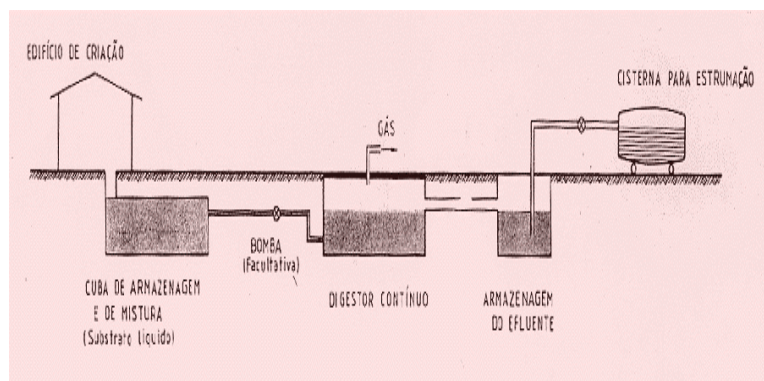


Figura 7. Biodigestor Contínuo

Fonte: Pires, 2002



Num sistema contínuo, de acordo com a figura 7, a matéria orgânica é introduzida na cuba de fermentação, com uma determinada taxa de diluição, a qual depende do tipo de matéria orgânica a fermentar, onde fica retida durante vários dias. O tempo de retenção resulta de um certo compromisso entre o volume do gás a produzir, o grau de digestão que se pretende e a temperatura de funcionamento. Depois de carregada a cuba e iniciada a fermentação, impõe-se à estabilização do sistema. É imperativo a verificação de todos os parâmetros como o pH, temperatura, qualidade do efluente, produção e qualidade do gás. É de notar que a estabilização poderá ser demorada e exigir correções. Neste tipo de fermentação, é absolutamente necessária a agitação da matéria orgânica incubada, a fim de evitar a formação de crostas na superfície, a deposição de matéria, permitir uma homogeneização na concentração das bactérias e manter uma temperatura uniforme no interior da cuba. A produção de biogás é uniforme no tempo e a quantidade produzida é em função do tipo de matéria orgânica utilizada.

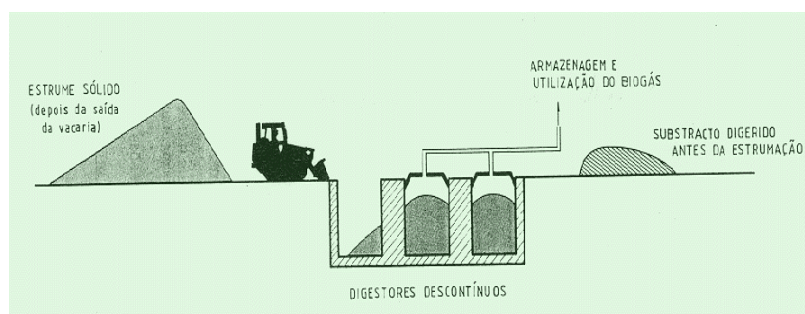


Figura 8. Biodigestor Descontinuo.

Fonte:Pires,2002

Ao contrário do sistema contínuo, o funcionamento deste sistema não é regular, de acordo com a figura 8. Sendo assim, a cuba de fermentação é totalmente carregada periodicamente. Neste processo o fator diluição não é considerado problema, já que a matéria orgânica é fermentada praticamente sem adição de água. O processo inicia-se com uma fase de fermentação aeróbia, fortemente exotérmica, que permite a degradação das moléculas pouco polimerizadas e que podem ser um fator de

acidificação do meio. A duração desta fermentação é de 2 a 8 dias, seguindo-se a fermentação anaeróbia durante um período de 30 a 40 dias. Neste tipo de fermentação a temperatura é um fator menos crítico. Em relação aos outros fatores, pouco se poderá fazer durante a fermentação. Se houver problemas durante o processo, a melhor opção é começar novamente. A produção de gás é irregular e o volume produzido é da ordem dos 60m<sup>3</sup> por tonelada de matéria bruta (Pires, 2002).

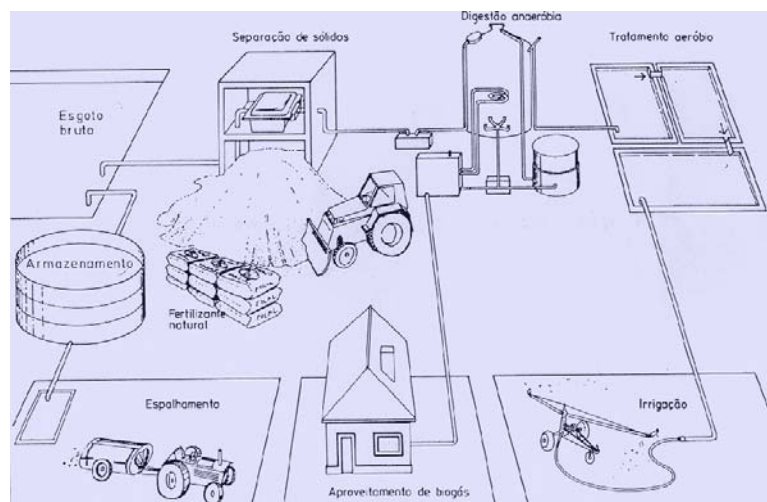


Figura 9 – Biodigestor integrado

No biodigestor integrado utiliza-se técnicas do sistema contínuo e descontínuo para produção de energia térmica e energia elétrica, de acordo com a figura 9.

### 3.5. Conversão do Biogás em energia

Transformar o lixo em fonte de energia, porque temos em abundância e representa um transtorno para a sociedade consumista é objetivo primordial. O lixo que faz parte do nosso dia-a-dia é um problema que só pode ser resolvido de forma coletiva. O Brasil possui grande potencial para gerar energia elétrica a partir de resíduos sólidos e a alternativa poderia aumentar a atual oferta do país em 50 milhões de megawatt hora por ano, a preço competitivo. Para se ter uma idéia, este número

representa mais de 15% do total de energia elétrica produzida no país, totalizando  $\frac{1}{4}$  do que gera a usina hidrelétrica de Itaipu (Oliveira, 2002).

A energia representa a capacidade de realizar trabalho. A energia pode apresentar sob diversas formas: energia química, energia mecânica, energia térmica, energia atômica, energia nuclear. Os alimentos que a pessoa ingere sofrem reações químicas e liberam energia, isto é, podemos dizer que os alimentos liberam energia química no organismo humano. No caso da água na cachoeira, dizemos que ela possui energia mecânica e que ao movimentar turbinas, gera energia elétrica. Nos reatores atômicos, a energia nuclear, armazenada nos “combustíveis atômicos”, dá origem à energia elétrica (Máximo & Alvarenga, 1993).

De acordo com o chamado Primeiro Princípio da Termodinâmica, a energia nunca se perde: transforma-se. Porém o Segundo Princípio da Termodinâmica nos ensina que a energia usada uma vez para produção de trabalho ou movimento; e não armazenada como energia potencial se dissipa, na forma de calor, não podendo ser mais utilizada. No caso da água que cai da cachoeira, ela retornará ao ponto de onde veio à custa da energia solar, sempre presente e interminável. Nas usinas hidrelétricas, a energia potencial é armazenada na forma de volumes de água acumulados em um ponto elevado, onde possam escoar através de turbinas geradoras (Branco, 1990).

O aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos rende inúmeras vantagens. Além de gerar energia não é apenas uma solução econômica, traz benefícios sociais e ambientais. Pode gerar empregos e contribuir para minimizar problemas de saneamento e saúde pública (Oliveira, 2002).

Além disso, as soluções adotadas deverão variar de acordo com os diversos ambientes existentes neste imenso território que é o Brasil. Há possibilidades do uso de torres solares nas regiões semi-áridas do nordeste, aproveitando o enorme potencial de energia solar de uma região quase sem nuvens e ainda produzindo água doce a partir de águas salobras existentes nos seus açudes. Em outros lugares, poderá ser mais conveniente o uso da energia dos ventos, como por exemplo, no Ceará, onde a jangada a vela constitui eficiente meio de transporte há séculos; ou o uso de biogás,

com alta concentração de metano, em locais de alta produção agrícola e pecuária, onde a construção de fermentadores seria destinada à decomposição dos resíduos dessas atividades, produzindo, como subprodutos, o gás combustível e fertilizante para lavoura (Branco,1990).

Já existem muitas técnicas disponíveis para transformar lixo em energia, porém a mais simples consiste no aproveitamento do gás produzido em depósitos de lixo. Cobrindo o lixo por uma camada de terra, haverá mais condições anaeróbias para a fermentação e produção desse gás. O gasolixo também pode ser captado por meio de tubos subterrâneos no aterro e sua canalização para uma estação de controle.

Depois disso, o metano é purificado, para que sejam eliminadas substâncias como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e impurezas, também o produto da degradação do lixo, mas que não são combustíveis. Finalmente, o gás vindo do lixo é canalizado para uma pequena usina, onde fará funcionar um motor de combustão ao qual está acoplado um gerador de energia. Outras alternativas possíveis para o metano são a sua compressão e posterior utilização como combustível em carros e sua aplicação na indústria para aquecimento de caldeiras .

Atualmente, em vários países o biogás é produzido em aterros sanitários e aplicado como fonte energética em processos sanitários, e em alguns casos existe até a comercialização do biogás para uso nas indústrias. Em São Paulo o biogás chegou a ser utilizado, experimentalmente, em caminhões de coleta de lixo (Nascimento,2002).

### **3.6. Biogás no Distrito Federal**

O biogás é produzido no aterro do Joquei Club de Brasília desde 1999, porém não é aproveitado. Para utilizar esse gás seria necessário a implantação de um sistema, que vai desde a coleta seletiva, educação, cooperação, disposição, até a apresentação de antiprojeto, e posteriormente de um projeto, o qual torne clara e objetiva a aplicação do plano para o seu aproveitamento energético. Sendo indispensável a viabilização de recursos, o projeto é tecnicamente fácil de ser elaborado, mas o investimento é caro.

O cenário prevê uma política para educar na escola, com metas para atingir a todas as instituições sociais. Através do desenvolvimento do tema “Educação Ambiental” na escola a qual visa a renovação constante dos conhecimentos, levando o educando a reconhecer melhor o meio ambiente e a importância dos três “erres”: reciclar, reutilizar e reduzir, bem como selecionar o lixo na fonte geradora. Visando o aproveitamento com qualidade dos materiais orgânicos e dos demais resíduos sólidos, esse regime requer conhecimento e compromisso social.



Figura 10. Estrutura do ducto com britas para que ocorra a queima do gás

O aterro de Brasília tem uma área de 145 hectares e 39 anos e não tem capacidade para receber mais lixo. O local não é propício para fazer edificação e sim uma recuperação paisagista, devido a perigos decorrentes da constante deposição de lixo. O biogás, subproduto resultante da decomposição anaeróbia de resíduos sólidos, é produzido no Distrito Federal, porém não é aproveitado. O sistema construído que produz o gasolixo é simples. É feita uma escavação funda no solo. Feito isso, é colocado o ducto contendo aberturas circulares, conforme figura 10, para que ocorra a liberação do gás. Após isto, o lixo é colocado e coberto por uma camada de terra. Esse resíduo produz o chorume que é transferido para a lagoa de decantação e através de uma bomba volta para a camada de lixo coberta para acelerar a fermentação. O biogás é liberado constantemente (Comunicação pessoal, Claudio Rachid, técnico SLU).

O biogás produzido no aterro poderia ser captado por meio de tubos subterrâneos e ser canalizado para uma estação de distribuição, após controles

adequados, servir como fonte térmica para as famílias que residem nas proximidades do aterro. O metano é combustível alternativo, já o gás de cozinha tradicional é constituído, por propano ( $C_3H_8$ ) e butano ( $C_4H_{10}$ ) e derivado do petróleo, um recurso não renovável.

#### 4. Conclusão

A crise energética brasileira faz com que fontes alternativas para a geração de eletricidade ocupem um espaço social, para tentar suprir a deficiência das usinas hidrelétricas com a falta das chuvas ou até mesmo ser mais um recurso estratégico para atender a demanda de energia. Há possibilidades de se gerar energia através do lixo, um dos maiores problemas ambientais dos nossos dias. A energia é uma necessidade da sociedade moderna, que a cada momento introduz tecnologias mais eficientes. Com isso, estimula o consumo e, conseqüentemente, afeta o planeta com a produção exagerada de lixo. É importante salientar os desafios que nações como o Brasil terão de enfrentar, para promover maior conservação do meio ambiente e avanço tecnológico no setor energético e, ao mesmo tempo prover iluminação, transportes, bens e demais serviços para as gerações futuras.

A atividade humana moderna se traduz em aumento no consumo de energia. Os países mais desenvolvidos buscam avançar no potencial da modernização com equipamentos eficientes em matéria de consumo energético. A ampliação dos investimentos traduz a importância de preservar o planeta e aproveitar o produto do refugo.

A elevação progressiva da temperatura da Terra é atribuída a liberação de gases que se acumula na atmosfera, causando o efeito estufa. O gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), os compostos sintéticos baseados nos elementos cloro, flúor e carbono (CFC), ficam retidos na atmosfera por décadas. São utilizados em solventes plásticos, elementos refrigerantes (para geladeiras, freezers e condicionadores de ar) e são umas ameaças para o ar. Embora o metano seja também um gás estufa, é inofensivo principalmente quando controlado o teor de oxigênio do ambiente. Esse gás é produzido nos aterros sanitários, decorrente da digestão anaeróbia da matéria orgânica como: esterco de animais, lixos domésticos, resíduos agrícolas, efluentes industriais e plantas aquáticas. Uma das possibilidades de se gerar energia é canalizar o biogás liberado pelos compostos orgânicos para usinas termoelétricas.

A necessidade da produção alternativa de energia abre parâmetro para descentralização da Agência nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A produção de energia não é mais monopólio do estado. A lei 9.648, de 27.05.98 em seu artigo 11 diz o seguinte: “Considera-se produtor independente de energia elétrica a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização de poder concedente, para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.”

Com esse novo modelo institucional do setor elétrico, tornou-se viável a produção de energia elétrica a partir do lixo.

A produção de energia a partir do lixo torna justificável e clara a Lei de Lavoisier – “Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”



## 5. Referências Bibliográficas

AMAZONAS, M. & Campanário, M. *Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo, 1995. p. 69, 75, 127, 132, 143, 219.

BELACAP. *Destinação Final do Lixo no DF*. Brasília, DF. 2000.

Biogás no DF (Cláudio Rachid, Comunicação pessoal).

BLAUTH, Patrícia. Minimização de Resíduos. Disponível em: [www.menoslixo.com.br](http://www.menoslixo.com.br). Acesso em 21 set.2002.

BRANCO, S. M. *Energia e meio ambiente*. 14ª ed. Editora Moderna, São Paulo, SP. 199096p. Brasília, DF, 2000.

CHERNICHARO, L. A. C. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte, MG, 1997

COUTO, C.H.C. *Produção, tratamento e destinação de Resíduos Sólidos no Distrito Federal e nos possíveis impactos ambientais causados pelos processos de tratamento*. Monografia de Graduação em biologia, UniCEUB, Brasília, DF, 2001.

FELTRE, R. *Fundamentos da Química*. 2ª ed., Editora Moderna, São Paulo, SP, 1996. 646p.

FERREIRA, D.G.B.F. *Resíduos Sólidos: Problemas e Soluções*. Monografia de Graduação em biologia, UniCEUB, Brasília, DF, 2000.

- JÚNIOR, L. J. & SANTOS, T. B. M. *Aproveitamento de Resíduos da Indústria Avícola para Produção de Biogás*. Disponível em [www.cmpsa.embrapa.br](http://www.cmpsa.embrapa.br). Acesso em 08 de out. 2002.
- MÁXIMO, A. & Alvarenga, B. 1993. *Curso de Física*, SP. 3ª ed. Trabalho e energia cinética. São Paulo, 404p.
- NETE, A. *O que é biogás*. Disponível em: [www.colband.br](http://www.colband.br). Acesso em 11 out. 2002.
- OLIVEIRA, B. L. *Lixo que vale ouro*. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.
- NASCIMENTO, A.C. L. & Zakon, A. *Cinzas da incineração de lixo: matéria-prima para cerâmicas*. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.27, n.160, p.63-67.
- NASCIMENTO, J. G. *Biodigestor “PE”, Forte Alternativa Energética e de Biofertilização*. Disponível em [www.aondevamos.eng.br](http://www.aondevamos.eng.br). Acesso em 21 de set. 2002.
- PIRES, P. *Biogás*. Disponível em: [www.bungah..](http://www.bungah..) Acesso em 21 de set.2002.
- ROSEWORTHY. *Na Introduction to biogas*. Disponível em [www.adelaide.edu.br](http://www.adelaide.edu.br). Acesso em 08 de nov. 2002
- Scarlato, F. C. & Pontin.J. A. *Do Nicho o lixo – ambientes, sociedade e educação*. 12ª ed., Editora Atual, São Paulo, SP, 1993. 51-67p.
- TEVES, M. de U. L. *Lixo Urbano*. 1ª ed. São Paulo, SP.

The Tomorrow Coalition. 1990. *Manual Global de Ecologia*. Ed. Augustus, p. 266-279.